Материалы стрелкового оружия

- **Аннотация:**
  Рассмотрены материалы, применяемые для стрелкового оружия. Статья предназначена для инженеров ВПК. Может быть интересна всем лицам, интересующимся оружием.

Итак, из чего же нам делать стрелковое оружие? Сначала давайте определимся с типами СО и в каких условиях им приходится работать. Типы СО: боевое, спортивное и охотничье (служебное) оружие. Спортивное оружие - это скорее не оружие, а спортивный инвентарь, предназначенный для стрелкового спорта, и поэтому имеющий черты огнестрельного оружия. И отношение к нему такое же. От него требуется точность, эргономичность, надежность и прочность в размерах одного дня соревнований. Стоимость имеет второстепенное значение. Ну, кроме массового спорта - физкультуры, для которой в Союзе были созданы массовые виды спортивного оружия: ПМЦ, Иж-38, ТОЗ-8 и т.д. Поэтому выбор материалов для спортивного оружия не так критичен и я его рассматривать подробнее не буду. Делать можно из стали, дюраля, силумина, дере-ва, полиамида - все равно, главное чтоб было удобно и точно.

Охотничье оружие. Тут уже все серьезнее. Во первых осенний или зимний лес с бо-лотом - это не стрельбище и не дорожка биатлонистов, условия уже повеселее. Во-вторых не всегда охота - это выезд на один день на утру с последующей пьянкой. Есть такое понятие, как промысел, когда приходится уходить в лес и на неделю, и на две. Ну а в третьих, если на стрельбище отказ в самом плохом случае может окончится снятием с соревнований, то на охоте в случае встречи с кабаном последствия могут быть фатальными. И не имеет значения, сломалось оружие ли вообще, или просто патрон порченный - результат один. Поэтому охотничье оружие уже намного ближе по требованиям к боевому, чем спортивное, однако и оно имеет ряд ограничений. Во первых, квалификация стрелка. Обычно, перед тем как идти на кабана, оружие изучают, пристреливают и к нему привыкают (а иногда и дорабатывают под себя). Перед собственно охотой его чистят и во время нее стараются в грязь не тыкать. Перемещаются и стреляют в основном стоя, редко кто ползает (кроме гусиной охоты), посему грязи с ствол забивается на порядок меньше, чем у боевого оружия. Стоимость также не критична (кроме промыслового оружия). Охотники любители готовы тратить на оружие не один десяток тысяч рублей, "обвешивая" и

"вылизывая" свою "любимицу". Зачастую попа-даются индивиды, которые себе для "пострелушек" AW покупают за 350 т.р. Опять же точность. Лось на 150, кабан на 35 или волк на 100м - это не мишень ?7 на 50м. По-этому охотничье оружие должно быть надежным, пригнанным к конкретному стрелку и ориентированным на мгновенную вскидку. Т.к. по законодательству запрещено стрелять свыше дальности прямого выстрела (до 400м для .223 и .300), то точности 15х15 для абсолютного большинства охот за глаза (кроме пушного зверя). Посему требования к материалам и обработке не так критичны, как для боевого оружия - большее значение имеет качественное изготовление патронов и УСМ, и пригонка оружия под стрелка. Поэтому до сих пор используется дерево - материал, который очень удобно дорабатывать в условиях мастерской или кухни.

Служебное оружие. Следует различать служебное оружие и гражданское оружие (самообороны). Первое служебное (полицейское и охранное). То же что и боевое, но условия эксплуатации более мягкие. Обеспечивается регулярная чистка, меньше загрязнения и более квалифицированное обслуживание. Однако в городе больше замкнутых пространств и больше твердых углов. Поэтому оружие должно быть короче и лучше приспособлено к падениям на бетон и кирпич. Еще большее значение уделяется безопасности. Посему больше предохранителей и систем "защиты от дурака". Опять же, правовые аспекты и наличие мирного населения. Оно не должно страдать. Поэтому ограничивается дульная энергия, стрельба очередями, патроны де должны обладать большим пробивным действием и давать рикошеты. А зачастую они вообще нелетальные. Точность оружия должна обеспечивать поражение только преступника на данной дистанции стрельбы. Короче, служебное оружие - это скорее не спортивный инвентарь, а медицинский инструмент, главная задача которого - не навредить (мирному населению), и не уничтожит, а нейтрализовать преступника. Гражданское оружие - это почти тоже, но с еще большим упором на "защиту от дурака" и ограничение воздействие вследствие меньшей квалификации "обслуживающего персонала". Гражданское оружие - это ответ на вопрос, какую гранату надо дать обезьяне, чтобы она и отбиться ей сумела, и не убила никого. Вопрос конечно сложный, поэтому до сих пор и идут споры по поводу гражданского оружия самообороны. Поэтому в отношении материалов к служебному оружию следует сказать лишь то, что они должны быть ориентированные на длительное ношение (минимальная масса), мгновенное применение (отсутствие острых углов и выступающих элементов) и стойкость к падению на бетонный пол и ударам о кирпичные стены. Стоимость желательно минимальная при массовом производстве, чтобы можно было с "лохов" денег оружейным заводам собрать и пустить вырученные капиталы на что-то более сложное и нужное. Поэтому все чаще оно делается (иногда целиком) из стеклонаполненного полиамида - материала, отвечающего всем этим требованиям.

Теперь боевое оружие. Сложность боевого оружия заключается в том, что оно работает на верхнем пределе всех характеристик. Точность делается максимально-возможно высокой, стоимость - максимально возможно низкой, а условия эксплуатации мало чем отличаются от условий эксплуатации совковой лопаты. При этом надежность его критично важна и должна быть абсолютной (желательно). Критерий один - эффективность, т.е. боевая эффективность/ стоимость. Опять же, следует различать оружие мирного и военного времени. Если в мирное время оружие производится в основном на специализированных заводах серийно (иногда крупносерийно, а иногда мелко серийно) из тех материалов, из каких надо и эксплуатируется достаточно квалифицированным персоналом при условии нормально обслуживания и планово-предупредительного ремонта, то в военное делают его где попало и из чего попало, эксплуатирует неквалифицированный персонал, чинить часто негде, нечем и некогда, а эффективность должна быть на уровне при минимальной стоимости в условиях массового производства. Если оружие на это не рассчитано, то войне оно не пригодно. В первую мировую войну Тульский и Ижевский заводы были на 60-80% заняты ремонтом "неубиваемой мосинки"и по-этому царскому правительству пришлось закупать винтовки где придется - у Америки, у Японии, у Англии (см. Федоров "В поисках оружия"). При этом большинство ремонта было мелким. Поэтому после войны были организованны армейские ремонтные мастерские, занимающиеся ремонтом непосредственно в войсках. Во время ВОВ более эффективное ПТР Симонова было предпочтено однозарядному ПТР Дегтярева, как более простому в производстве. Да и вообще Советский Союз победил в войне во многом потому, что у него было отлажена концепция выпуска "фронтового" оружия - простого, дешевого и эффективного. Германия не мог-ла ответить адекватным выпуском оружия, т.к. отличалась концепция. Концепция советского ВПК - "Все для фронта, все для победы". Концепция любого частника - "Срубить бабок" - закон увеличения прибыли. Поэтому при достаточной эффективности немецкого оружия глав-ной задачей было срубить с правительства за него максимум денег. А для этого необходимо как-то оправдать высокую цену. Для этого используются в оружие самые современные технологии (зачастую не нужные) и навороты. Реклама и антиреклама, подкуп чиновников, "втирание очков" - вот методы убеждения правительства купить именно это оружие. При этом до самого конца войны немцы так и не смогла делать такое же качественное ствольное оружие. До-пуски на изготовление стволов и снарядов были в 1,5-2 раза выше, чем у русского оружия. При этом стволы делались составные, а цельные вследствие отсутствия достаточной производственной базы. (см. "Производство Арт Систем", Таптун, 1960г). Не, у советского оружия тоже были минусы - отсутствие внимания к "мелочам", не знакомство конструкторов и высшего командного состава с тактикой применения оружия, междоусобная борьба КБ, "очковтирательство". Война правда быстро

поставила все на свои места и в 1942г СССР опередил Германию по объему производства военной продукции. Однако ошибки в проектировании стоил очень дорого. Но нужно понять: Союз действовал как единая компания, интересы которой совпадают с интересами государства, а в Германии (да и не только в ней) интересы компаний зачастую противостояли интересам государства. Поэтому я считаю, что производством военной техники должны заниматься государственные компании. Частные же должны лишь составлять им конкуренцию, занимаясь околовоенными заказами - охотничьим и спортивным оружием, может выдвигая свои проекты на конкурс.

Итак материалы. Нужно разделить в огнестрельном оружии командные и некомандные детали . КД участвуют непосредственно в процессе выстрела и воспринимают на себя воздействие газов - ствол, затвор, газоотводные механизмы и эжекторы, дульные устройства. НкД служат для вспомогательных целей: корпуса, ствольные коробки и накладки, магазины и прикла-ды, кронштейны и сошки и т.д.

Материалы КД.

- Сталь (обычная и легированная оружейная - 50РА, 38ХРА, 30ХН2МФА, ОХН3МФА)
- Титан
- Специальные сплавы (ЭП722, ЭП730 и т.д.)
- Композитные материалы (сплошные и "сэндвичи" - сталь/алюминий/титан, сталь/алюминий/пластик, керамика/пластик и т.д.).

Материалы КД должны держать давление газов, сопротивляться их воздействию (эрозионному и химическому разрушению), быть стойкими к перегреву (локальному до 1500-180С и общему до 400-500С) без потери прочности, при разрушении не давать вторичных осколков (держать "взрывную пробу"). При этом они (для боевого) должны быть ремонтопригодными, дешевыми в массовом производстве, легкообрабатываемыми и не дефицитными . Иначе их в военное время придется заменять на более дешевые, простые и технологичные аналоги.

-Сталь. Классический, наиболее распространенный и известный материал для КД огнестрельного оружия. Подробнее про сталь см. в книге В.Швеннинга "Конструкции и материал стволов огнестрельного оружия". Плюсы: ремонтопригодность, низкая стоимость, недефицитность, технологичность, высокие боевые показатели. Минусы: большая масса. Для специального оружия - возможность обнаружения металлодетекторами. Применяется везде - от охотничьих ружей и спортивных винтовок (сталь 50РА) до танковых пушек (сталь ОХН3МФА-У(Ш)). Для стволов РСЗО применятся сталь 20, как наиболее стойкая к воздействие газовой струи ракеты. Для стволов охотничьего оружия в Америке применяется нержавеющая сталь (А20Х13 - наш аналог). Однако для боевого оружия нержавейка не походит вследствие низкой теплопроводности (в 1,7-2 раза хуже обычной стали) и низких прочностных свойств. Для улучшения сопротивлению истиранию стволы стрелкового оружия хромируют (твердым хромом), чем достигается

повышение их живучести в 2,5-3 раза (от обычных 10тыс до 25-30 тыс выстрелов для винтовочных патронов). Для повышения сопротивляемости эрозийному износу (что бывает у мощных орудий - танковых, зенитных или морских) стволы хромируют (не всегда) толстым (50-180мкм) молочным хромом. В принципе, всвязи с развитием металлургии, экономить на материале стволов без смысла и я считаю что для всех автоматических систем (в т.ч. полуавтоматических) необходимо применять вместо классической 50РА легированную 30ХН2МФА, обеспечивающую теплостойкость до 400-450С и КТ800-КТ1000 против 200-250С и КТ600-КТ800 для 50РА. В принципе, сталь является на сегодняшний день идеальным материалом и все остальные материалы нужны только для снижения массы. Все КД, как ответственные, обрабатываются давлением (ОМД) и не изготавливаются литьем, т.к. при литье могут быть скрытые дефекты, которые вылезут только на испытаниях, а при ОМД (ковка, штамповка, прокатка, радиальное обжатие) они вылезают еще на стадии получения за-готовки и бракованные заготовки дальше не пойдут. Единственным исключением является центробежное литье, которое применяется однако только для получения неответственных труб (корпусов гидросистемы - откатников и накатников) или заготовок под стволы крупных калибров, обрабатываемых потом ОМД или механикой с обязательными испытаниями.

-Титан. Плюсы (по сравнению со сталью) - при той же прочности легче (почти в 2 раза), немагнитен. Минусы: стоимость в 25-40 раз выше, обрабатываемость в 6-10 раз хуже, нестоек к воздействию пороховых газов (охрупчивается, и причем очень быстро) и при температуре свыше 400С резко теряет механические свойства. Поэтому мне известен только один случай применения титана для стволов СО - ствол 20мм гранатомета OICW, т.к. он гладкий, легче чистится и не должен перегреваться.

- Специальные сплавы (ЭП722, ЭП730). Основная часть - кобальт. Кроме него никель, хром, молибден, железо. Плюсы - высокая жаропрочность - до 1000С. Минусы - очень высокая стоимость, дифицитность, крайне тяжелая механическая обработка. Впервые применены американцами для авиационной пушки в начале 60х, а также для пулемета М60. Наши содрали сплав (ЭП722), а потом сделали более дешевый аналог (ЭП730). Попробовали применить, но плюнули - стоимость лейнера (вкладного стволика) приближалась к стоимости всей пушки. Теоретически может окупаться в стволах авиационных и зенитных орудий, но на практике решили на него плюнуть и делать по старинке из стали.

Алюминиевые сплавы вследствие маленькой жаропрочности, теплостойкости и модулю упругости для командных деталей не применяются.

- Композитные материалы (сплошные). Обычно стеклопластик. Плюсы - меньшая масса по сравнению со сталью. Минусы - маленькая живучесть (обычно 1 выстрел), плохая теплопроводность, низкая точность

обработки, более высокая стоимость. Применяются в основном для одноразового применения - трубы РПГ и корпуса ракет.

- Композитные материалы (сэндвичи). Новое направление в разработке стволов. Типа Сталь -Стеклопластик, Сталь-Алюминий-Стеклопаласик, Сталь-Алюминий-Углепластик, Керамика-Углепластик. Плюсы - еще меньше масса по сравнению со сталью, живучесть равна стали (в случае вкладного стального стволика), высокая точность обработки. Минусы - плохая тепло-проводность (хоть и выше, чем у чистого стеклопластика), высокая стоимость. Имеет смысл применять для специального оружия (КСВ для спецназа, немагнитные пистолеты для ФСБ и т.д.) - для массового оружия непригодны вследствие большой себестоимости и сложности из-готовления.

Вывод: для боевого автоматического оружия следует применять сталь 30ХН2МФА или 38ХН3МФА с показателем КТ800-КТ1000 и хромированным каналом ствола (Х.Тв.30-50).

Для специального оружия могут быть применены композитные стволы (Сталь-Алюминий-Угле- стекло-пластик).

Теперь некомандные детали. Это ствольные коробки, крышки, приклады, цевья и т.д. Издревле для этих деталей использовалась обычная сталь и дерево. Сталь вследствие высокой удельной прочности, а дерево вследствие низкой стоимости, недефецитности, достаточно высокой удельной прочности, легкообрабатываемости и низкой теплопроводности, что важно для защиты рук стрелка от ожогов и обморожений. Также дерево рассеивало колебания от выстрела. Однако дерево легко кололось и было весьма мягким. Да и имело скверную особенности набухать и коробится. Поэтому, начиная с начала 60-х годов, вместо сплошного дерева (дуба, ореха, а иногда и простой березы) стала применяться толстая фанера - дельта-древесина. Чуть позже, всвязи с развитием химической промышленности, появились стеклопластики на основе фенол-формальдегидной смолы - АГ-4 и ДСВ. Они давали возможность получать детали методом литья под давлением. При серии свыше 10000 отливок ЛпД экономически выгоднее других способов обработки - механики, штамповки. Именно из них стали изготавливать пресловутые "оранжевые" магазины для АКМ. Однако ДСВ обладал рядом минусов. Это заметность неокрашенного пластика и хрупкое разрушение, что давало множество вторичных осколков при попадании пули в магазин, которые потом было сложно обнаружить рентгеном. Поэтому служивые эти магазины не любят, предпочитая их старым стальным (от которых пуля или осколок могут уйти на рикошет), или новым полиамидным. Итак, Полиамид. Появился в 80-х годах. Имеет все преимущества АГ-4 (высокая удельная прочность, возможность литья под давлением, стабильность свойств в широком диапазоне температур), но крое того не дает осколков, малозаметен и может вторично перерабатываться, в отличие от реактопласта АГ-4, который льется только один раз, а потом не плавится, а лишь коксуется. Однако полиамид (ПА-6, ПА66, ПА610 и ПА12) обладает и минусами. Низкий модуль упругости -2100МПа против

21000 у стали, набухаемость в воде (до 2%), невысокая твердость, сложность литья. Он полупрозрачен (как полиэтилен) и первые детали делались тальконаполненные (см Steyr AUG A1 обр 1977), что уменьшало влагопоглощение дл 0,6% и делало его непрозрачным. Добавление 30% рубленного стекловолокна дало возможность повысить модуль упругости до 7000МПа (как у алюминиевых сплавов), твердость и уменьшить водопоглощение до 0,3%. Такой материал широко применяется для корпусных деталей (корпуса перфораторов, бензопил и т.д.) со средины 80-х годов. Цвет - темносерый вследствие добавления графита (см. Steyr AUG A2, АК-74М), что увеличило износостойкость. Его хорошие конструкционные и технологические качества вдохновили западных конструкторов на изготовление из него корпусов СО целиком (см HK G36 обр 1993г). Такие детали получаются очень дешевыми в массовом производстве при хороших прочностных характеристиках, возможности получения любых поверхностей. Однако им присущ минус всех литых деталей - невозможность контроля качества детали без разрушения. Стоит кому-то перегреть форму, куда льется полиамид - пойдет его деструкция, недогреют - непрольется или прольется с большими внутренними напряжениями и потом может лопнуть. Поэтому все ответственные детали из полиамида (и поликарбоната ПК тоже) после литья варят в воде (или масле для ПК) для снятия внутренних напряжений и набухания материала. Но в любом случае изготовление деталей методом литья по давлением из пластмасс требует хорошей организации производства, высокой технологической дисциплины, нового оборудования, хорошего образования конструкторов и технологов - уровня , короче, требует.

Разностенность (отношение максимального к минимальному сечению) отливки должна быть не больше 2,5, а толщина стенки из полиамида не более 5мм, иначе будет брак - газовые пузыри, утяжины и трещины. В этом случае деталь ломается хрупко, а не пластично. В той же G36 бывают случаи перелома приклада (если на него наступить неудачно), хотя казалось бы прочности должно хватать за глаза... Причина - литье. Поэтому применение литья для получения силовых ответственных деталей СО (в первую очередь ствольных коробок) остается под вопросом. Однако преимущества стеклонаполненного полиамида над древесиной и реактопластами очевидны и его можно смело рекомендовать для изготовления цевья, сошек, накладок и даже прикладов (с соблюдением принципов конструирования деталей из пластмасс).

Для силовых же деталей (в первую очередь ствольной коробки) лучше применять малоуглеродистую качественную сталь (типа стали 20 или 09Г2С), полученную штамповкой и вытяжкой. Она дешевая, технологичная, имеет высокие удельные жесткость и прочность, пластически деформируется (гнется, а не ломается) и очень ремонтопригодна. Она сваривается в полевых условиях любой сваркой, клепается, обрабатывается резанием. В этом отношении она превосходит все остальные материалы. Силумин не подходит (опять же литье), дюраль

имеет не-достаточную твердость (70-100НВ против минимум 200НВ у штампованной стали) и может заминаться при ударе о камни и сталь. Удельная жесткость у него такая же, как у стали. Для сварки его необходима аргонно-дуговая сварка, требующая специального оборудования и квалифицированного персонала. Титан дорог и сегодня дефицитен и для массового оружия не подходит. Магниевые сплавы мягкие, дорогие и горючие. Медь и бронза тяжелые и дорогие.

В принципе дюраль можно применять для силовых деталей, для которых не важно точное соблюдение формы. Это сошки, приклад, крышка ствольной коробки, может быть рукояти переноски. Однако изготовление из него ствольной коробки - это весьма спорное решение, под-ходящее для спортивного и служебного оружия (охотничьего в некоторых случаях), но не годящееся на мой взгляд для боевого.

Отдельно хотелось бы коснуться магазинов. Их желательно делать прозрачными. Для этого на западе их делают либо из поликарбоната, либо из смеси ПК и ПА. Однако в РФ производство ПК уничтожено и он покупается в Южной Корее и Китае. Поэтому магазины на мой взгляд следует делать из ненаполненного ПА-6, усиленного ребрами жесткости (см магазины G36 и AUG).

Подытожим. Итак, в современных условиях (в РФ), для изготовления автоматического боевого оружия следует применять следующие материалы:

Стволы - сталь 30ХН2МФА или ОХН3МФА с хромированием канала ствола (КТ 800-КТ1000 и обработанные радиальным обжатием) .

Прочие Кд - затворы, детали газоотвода, части ствольной коробки - 30ХН2МФА, ОХНМА. (прокат или штамповка с механической обработкой)

Корпус ствольной коробки - сталь 20, сталь 09Г2С (полученные холодной штамповкой).

Силовые детали - приклад, сошки, крышка ствольной коробки - Д16 или ПА6+30%СВ. Защитные детали - цевье, накладки, щека приклада - ПА6+30%СВ.

Добавление от 15.06.11 - сводная таблица материалов СО. Пока неполная.

Свойства материалов стрелкового оружия

15.06.2011

Металлы

Материал: Марка	Состояние	Механические св-ва: σв MПа	σт MПа	σпц MПа	E ГПа	δ %	Ударная вязкость Дж/см2: KCV	KCT	Твердость	Физические св-ва: Плотность г/см3	КЛР α*10-6 °С-1	Теплопроводность λ Вт/м°С (20°С)	Теплоемкость Дж/г°С (20°С)	Диапазон рабочих температур	Технологические св-ва: Прокаливаемость мм	Критич. скор. охл. °С/сек	Свариваемость	Штампуемость	Обрабат. рез. (Ки для ст. 45)	Полируемость (достижимый класс чистоты обработки)	Экономика: Дефицитность	Стоимость руб/кг 2008г	Применение
Сталь 50РА	Упрочн. З-850 (м) О-520-600 (Возд)	940	820	710	23	14	160	81	24 HRC	7.8	10.6	44	0.43	-50..+200°С		400	плох		0.7	средн (8-9)	Отеч	40	Стволы ДТК
Сталь 30ХН2МФА	Упрочн. З-860 (м) О-680 (Возд)	1020	940	820	21.6	13	150	92	26 HRC	7.9	11.1	35.5	0.47	-60..+400°С	Ф60	80	плох		0.6	средн (8-9)	Отеч	80	
Сталь 0ХН3МФА	Упрочн. З-850 (м) О-600 (Возд)	1190	1100	1030	21	14	129	90	35 HRC	7.9	12.0	35.2	0.50	-80..+450°С	Ф140	40	не прим		0.5	средн (8-9)	Отеч	100	
Сталь 20	Прокат, норм	420	250	-	21.2	25	110	-	163 HB	7.86	12.3	47	0.49	-40..+200°С	-	-	хор	хор	2.0	плох	Отеч	19	Магазин, приклад, сошки
Сталь 40	Прокат Упрочн. З-850 (В) О-400 (Возд)	790	640	-	21.2	10	88	-	225 HB	7.84	11.9	47	0.49	-40..+200°С	ф10	600	огр. подогрев +ТО	огр. подогрев +графит	0.7	средн (8-9)	Отеч	20	Корпус и крышка ств. коробки
Сталь 50, 50А	Прокат, литье Упрочн. З-830 (В) О-400 (Возд)	830	600	-	21.9	14	64	-	37-42 HRCэ	7.83	12.0	48	0.48	-40..+200°С	ф10	600	плох	плох	0.6	хор (9-10)	Отеч	20	Рама, коробка, мушки, цапфы и газоотвод. Детали УСМ
Сталь 30ХРА	Штамповка Упрочн. З-850 (м) О-500 (Возд)	1100	1080	-	20.8	16	127	-	36 HRC	7.8	11.6	44	0.46	-50..+200°С	ф35м	400	огр		0.7	средн (8-9)	Отеч	40	Затвор
Сталь 25Х2Н4МА	Штамповка Упрочн. З-880 (м) О-560 (Возд)	1240	1090	-	20	12	127	-	43-50 HRC	7.96	11.7	?	0.49	-100..+450°С	ф75м	80	огр		0.7	средн (8-9)	Отеч	90	Затвор, выбрасыватель
Сталь 70 пруж. 1кл	Патентирование С 870-950 в соль до 450-550°С	1600-3000	-	-	20.6	Степень обжатия - до 70%			52-60 HRC	7.81	11.5	47.7	0.48	-40..+200°С	ф10		не прим	-	0.7 отжиг	отл (ф.8-10)	Отеч	-	Пружины
Сталь 20Х13 нерж. (аналог - 416-?)	Прокат Упрочн. З-1000 (м) О-700 (Возд)	710	510	-	21.8	21	80	-	241 HB	7.67	10.2	23	0.47	-50..+500°С			огр	огр. подогрев +отжиг	0.7	слаб (не более 8)	Отеч./импорт	50	Стволы, затвор (импорт)
АЛ23-1 АМг6лч (аналог 518.0 /?)	Литье отожженный	235		-		10		-	60 HB	2.7		120			-	-		-	хор	плох	Отеч./импорт		Ствольная коробка (импорт и спорт. оружие)
ВАЛ10 АМ4.5Кд (аналог 201.0 /АО)	Литье З-545С (В) Ст-170С 10ч	430	330	-	7.4	8		-	100 HB	2.8		140	1					-	хор	плох	Отеч./импорт		
Алюм сплав АМг5	Лист отожженный	280	140	-	6.9	15		-	65 HB	2.65	24	120	0.90	-196..+250°С	-	-	арг-дуг	удовл	10	плох	Отеч	150	Магазин, приклад, сошки
Дюраль Д16-Т	Лист З-500С (В) Ст-190С 12ч	440	280	-	7.2	10	30?	-	131 HB	2.78	24	140	0.90			Вода	конт уд	удовл	удовл	плох	Отеч	140	
Алюм сплав В95	Лист З-470С (В) Ст-120С 24ч	500	420	-	7.2	6		-	125 HB	2.85	22	150	0.90		ф140	Вода	конт хор	-Д16	хор	плох	Отеч	300	
Титан ВТ3-1	Отожженный	1100	1000	800	11.5	11	45	-	300 HB	4.5	8.6	8		-200..+400°С				хор	0.5 шлифов		Отеч	2000	Для справки
Медь М3	Отожженная	240	70	22	12.5	70	179	-	35 HB	8.9	16.5	388	0.39					отл			Отеч	270	[illegible]

Примечание: Для алюминиевых литейных сплавов /АЛ/ для нагруженных деталей не применяют (ввиду высокой пористости отливок (падение прочности до 60% на реальных деталях по сравнению с контр. образцами)
Обозначения: З - закалка, О - отпуск, Ст - старение, м - масло, В - вода

Древесина

Материал: Сорт древесины Влажность 12/30%	Механические св-ва: σв сжат. МПа 12%	σв сжат. 30%	σв раст. МПа 12%	σв раст. 30%	σв изг. МПа 12%	σв изг. 30%	τ скол. МПа 12%	τ скол. 30%	E ГПа	Ударная вязкость Дж/см2 12%	Ударная вязкость 30%	Твердость МПа 12% влажн: торц	рад	танг	σ МПа 12%	σ МПа 30%	Физические св-ва: Плотность г/см3	Теплоемкость Дж/г°С (20°С)	Теплопроводность λ Вт/м°С поперек волокон -20С	поперек +20С	вдоль волокон -20С	вдоль +20С	КЛР α*10-5 °С-1	Диапазон раб. температур	Экономика: Дефицитность	Стоимость руб/м3 2010г	Применение
Сосна (для сравн.)	48	21	103	79	86	50	7	4	12.3	4.2	3.6	28	26	25	11	0.7	0.54	ок. 1	0.12	0.14	0.26	0.30	3.0			10	Ложа, приклад, цевье, рукоять упр. огнем
Береза	55	22	168	126	110	60	9	5	16.4	9.5	8	46	37	31	16	1	0.63		0.14	0.17	0.32	0.38	2.8			10	
Дуб	57	31	-	-	108	68	10	8	14.6	7.8	6.6	67	56	49	16	1	0.71		0.16	0.19	0.36	0.42	-			25	
Бук	55	26	123	92	109	65	12	7	-	8.2	7	61	43	44	16	1	0.65		0.15	0.17	0.35	0.41	-			20	
Ясень	59	32	165	109	123	75	14	9	-	9.0	7.6	80	59	67	22	1.3	0.70		0.16	0.19	0.36	0.42	-			35	
Орех	55	26	-	-	110	81	11	8	-	7.8	6.6	-	-	-	-	-	0.59		0.14	0.17	0.32	0.38	-			30	
Фанера березовая			99	69			0.5-1.2		12/0.8			24					0.79										

Примечание: σизг=0.7σсж, σраст поперек σвп = 5% σ, σсж поперек σвп = 10..16% σ (частич. торц). σсж в 2 раза меньше σизг и в 2.6 раза меньше σ раст. σскол ... = 15*σскол ...
σскол ... = 0.20..0.25*σсж, σскол ... = 0.16..0.20*σсж, ... в 2 раза больше ...
Теплоемкость древесины в среднем 1000Дж/кг*°С. КЛР вдоль волокон в 7..10 раз меньше, чем поперек. Звукопоглощение - 5% на 1см толщины

Литьевые пластмассы (ненаполненные)

Марка материала	Механические св-ва: σв раст МПа -60С	σв раст +20С	σв раст +100С	σв сжат МПа -60С	σв сжат +20С	σв сжат +100С	σв изг МПа -60С	σв изг +20С	σв изг +100С	δ %	E ГПа раст	E ГПа изг	Ударная вязкость Дж/см2 с надр	без надр	Твердость МПа	Физические св-ва: Плотность г/см3	Водопоглощение за сут. %	Теплоемкость Дж/г°С (20°С)	Теплопроводность λ Вт/м°С	КЛР α*10-5 °С-1	Горючесть	Тразм °С (нагр. 1.8МПа)	Тпл °С	Диапазон раб. температур	Экономика: Дефицитность	Стоимость руб/кг 2010г	Технологические св-ва: Усадка %	Текучесть расплава г/10 мин	Точность размеров квалитет: литье	МО
Общего назначения (для справки)																														
Полиэтилен ПЭВП 210-08	*16	40	*0.4				*16 /2?	38	*0.4 /60°С	200	0.6	0.7	н/р	н/р	44-52	0.94	-	2.31	0.40	22	легко	65	110	-60..+60°С	Отеч	70	1.5-4.0	5.10	16	-
Полипропилен ПП 21060	*16	30	*0.55		60		*16 /+40С	75	*0.7	100	1.6	1.4	0.7	н/р	70	0.91	0.1	1.7	0.22	17	легко	85 (150)	170	-30..+100°С	Отеч	70	1.0-2.5	4.8	16	-
Полистирол ПСМ-111	*15	40	*0.4					100		15.3	3.4	2.7	0.2	2.2	80	1.02		1.34	0.11	6.7	легко	80		-60..+80°С	Отеч	70	0.4-0.8	3.5	11..14	-
АБС 2020	*14	50	*0.6					75		22	2.5	2.4	0.8	н/р	90	1.05	0.3	1.2	0.17	8.11	легко	60		-40..+75°С	Отеч	100	0.3-0.7	20	11..14	-
Конструкционные																														
Полиамид ПА-6		65			80			90		70	1.7	1.5	0.8	н/р	100	1.13	3.2	2.1	0.28	9.5	плохо	70 (160)	165	-60..+100°С	Отеч	110р литые 250р блочн	1.2-2.0	ок.20	14	9
Полиамид ПА-66		90			90			90		40	3.1	2.8	0.7	н/р	150	1.14	2.8	1.8	0.32	8.1	плохо	90 (180)	260	-60..+100°С	Импорт сырье		1.4-1.5	4.3	13	9
Полиамид ПА-6 армированный		70			80			90		50	2.8			н/р	100	1.12	3	1.45	0.23	5	плохо	70 (160)	120	-60..+100°С					14	9
Поликарбонат ПК-3 прозрачный	*12	65	*0.7		85		*12	105	*0.5	50	2.4	-	0.25	н/р	110	1.2	0.15	1.17	0.19	6	плохо	120	225	-60..+120°С	Импорт сырье	130	0.4-0.6	7.32	12	9
Наполненные (композиты)																														
АГ-4В/ДСВ	68	57	48	227	182	126	200	149	109	-		15		4.5	300	1.8	0.2	1.17	0.31	12.4	не горюч	-	200*	-60..+200°С	Отеч	130	0.15		9	8
ПА-6+30%СВ	*16	145	*105 /60°С					194		4	-	7.2	0.7	5.5	140	1.35	2.1	2.5	0.32	12	плохо	(195)	218	-60..+150°С	Отеч	120	0.4-0.8	2.6	12	8
ПА-6+50%СВ	*16	185	*? /60°С					260		3	-	12.5	0.7	6		1.56	1.8				плохо	(205)	219	-60..+150°С	Отеч		0.3-0.4	3.6	12	8
ПА-6+30%МВ		155						225		3	-	15.5	-	18		1.27	2.0				плохо	(200)	218	-60..+140°С	Отеч		0.4-0.6		12	8
ПА-66+30%СВ		165						240		4	-	8.8		7	175	1.36	1.9	1.8	0.35	2.3	плохо	(240)	260	-60..+210°С	Импорт сырье	120	0.3-0.8		12	8
ПА-66+50%СВ		210								3	-	17	-	8.5	180	1.56	1.3	-	-	15	плохо	(245)	260	-60..+210°С	Импорт сырье				12	8
ПА-66+30%МВ		ок.200						ок.250		2.5	-	20.4	-	4	190	1.28	2.0	1.8	0.5	4	плохо	(245)	260	-60..+210°С	Импорт сырье			6	12	8
ПП+30%СВ	*15 /-40°С	80	*10.4 /60°С					90		4		5.5	1.2	4	110	1.14	0.1	1.47	0.27	7	хор	(150)	162	-40..+100°С	Отеч		0.6-0.8	2.6	12	8
ПП+30%МВ		105						110				10.0	-	2.5		1.06					хор	(144)	160	-50..+140°С	Отеч		0.5-0.7		12	8
ПК+30%СВ		130								3		7.5	-	5.5	148	1.42	0.1	-	0.26	3	плохо	140	225	-40..+130°С	Импорт сырье				12	8

Примечание: СВ - стеклянные волокна, УВ - углеродные волокна, МВ - минеральные наполнители. ПА-66-МВ до 20% - хор. прочной работы, св. 30% - плохая прочность. При ЛПД ПК стенку тоньше 3мм сложно получить (формой).
* АГ-4В относится к реактопластам и не размягчается при нагреве. +200С - это температура начала деструкции связующего (фенол-формальдегидной смолы)

Все ПМ характеризуются вязкоупругостью - сочетанием упругой и пластической деформации во времени. Также их св-ва очень сильно зависят от температуры эксплуатации - при нагреве прочность и жесткость их падают, причем нелинейно. Например, температура 50% прочности по сравнению с 20С составляет +65С для ПЭВП, +100С для ПП, +65С для ПА, +85С для ПС и +120С для ПК. Температура же 50% жесткости по сравнению с 20С составляет +30С для ПЭВП, +45С для ПА6 и +60С для ПА66, в то время как АБС теряет всего 30%, а поликарбонат - 10% жесткости при этой температуре. Падение модуля упругости при +60С: ПЭВП - до 0.2, ПА-6 - до 0.4, ПА-66 - до 0.5, АБС - до 0.7, ПК - до 0.9. При охлаждении прочность и жесткость всех ПМ растет: для ПЭВП на 50% на каждые 20С, для ПП - 15% (в среднем).
Для стеклонаполненных ПМ ситуация схожа - температура 50% прочности по сравнению с 20С: +50С для ПЭВП и ПП, +65С для ПА, +85С для ПС и +130С для ПК.

Данные по полимерным материалам приблизительные - характеристики конкретной марки могут сильно отличаться в зависимости от изготовителя, партии и года выпуска. Также на сегодняшний день "чистых" марок практически нет - везде есть различного рода добавки (модификаторы, пластификаторы, красители, противостарители, антипирены и т.д.), меняющие св-ва исходного материала.